

09/677,886

日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

2000年 8月31日

出 願 番 号
Application Number:

特願2000-262950

出 願 人
Applicant(s):

株式会社東芝

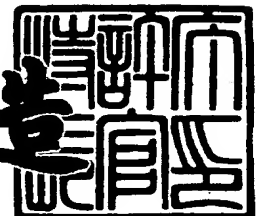


#4
priority
Arbiter
1-02-01

2000年 9月29日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造



出 証 番 号 出 証 特 2000-3080533

【書類名】 特許願

【整理番号】 A000004963

【提出日】 平成12年 8月31日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01C 7/10

【発明の名称】 電圧非直線抵抗体及びその製造方法

【請求項の数】 7

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市川崎区浮島町2番1号 株式会社東芝浜
川崎工場内

【氏名】 今井 俊哉

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市川崎区浮島町2番1号 株式会社東芝浜
川崎工場内

【氏名】 安藤 秀泰

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市川崎区浮島町2番1号 株式会社東芝浜
川崎工場内

【氏名】 西脇 進

【特許出願人】

【識別番号】 000003078

【氏名又は名称】 株式会社 東芝

【代理人】

【識別番号】 100058479

【弁理士】

【氏名又は名称】 鈴江 武彦

【電話番号】 03-3502-3181

【選任した代理人】

【識別番号】 100084618

【弁理士】

【氏名又は名称】 村松 貞男

【選任した代理人】

【識別番号】 100068814

【弁理士】

【氏名又は名称】 坪井 淳

【選任した代理人】

【識別番号】 100092196

【弁理士】

【氏名又は名称】 橋本 良郎

【選任した代理人】

【識別番号】 100091351

【弁理士】

【氏名又は名称】 河野 哲

【選任した代理人】

【識別番号】 100088683

【弁理士】

【氏名又は名称】 中村 誠

【選任した代理人】

【識別番号】 100070437

【弁理士】

【氏名又は名称】 河井 将次

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 平成11年特許願第282871号

【出願日】 平成11年10月 4日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011567

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9705037

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電圧非直線抵抗体及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 酸化亜鉛を主成分とした焼結体と、この焼結体の側面に設けられた側面高抵抗層と、前記焼結体の上下面に設けられた一対の電極とを備えた電圧非直線抵抗体において、

前記電極の端部と前記側面高抵抗層を含めた非直線抵抗体端部との端部間距離が、 $0 \sim (\text{側面高抵抗層厚み} + 0.01) \text{ mm}$ の範囲内となるように形成され、かつ、前記側面高抵抗層が、電気絶縁性及び耐熱性を有する無機高分子物質、非晶質無機高分子物質、ガラス化合物質、非晶質無機物質、結晶質無機物質、有機高分子化合物を主成分した物質のうち少なくとも 1 つから形成されたことを特徴とする電圧非直線抵抗体。

【請求項 2】 前記非晶質無機高分子物質は、無機高分子物質であるりん酸アルミニウム系無機接着剤、非晶質シリカ、非晶質アルミナ又は非晶質シリカとオルガノシリケートの複合物であり、

前記ガラス化合物質は、鉛を主成分とするガラス、リンを主成分とするガラス又はビスマスを主成分とするガラスであり、

前記結晶質無機物質は、 Zn-Sb-O を構成成分とする結晶無機物、 Zn-Si-O を構成成分とする結晶無機物、 Zn-Sb-Fe-O を構成成分とする結晶無機物、 Fe-Mn-Bi-Si-O を構成成分とする結晶無機物、結晶シリカ (SiO_2)、アルミナ (Al_2O_3)、ムライト ($\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$)、コーデイライト ($\text{Mg}_2\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18}$)、酸化チタン (TiO_2) 又は酸化ジルコニウム (ZrO_2) であり、

前記有機高分子化合物は、エポキシ樹脂、ポリイミド樹脂、フェノール樹脂、メラニン樹脂、フッ素樹脂又はシリコン樹脂であると共に、

前記側面高抵抗層は、これらの中から選択された材料と、これらの材料から少なくとも 2 種類以上の材料の複合物が主成分である材料との中から、いずれか 1 種類以上を組み合わせ形成されたことを特徴とする請求項 1 記載の電圧非直線抵抗体。

【請求項 3】 前記側面高抵抗層の厚みが $1 \mu\text{m} \sim 2 \text{ mm}$ の範囲内であるこ

とを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の電圧非直線抵抗体。

【請求項 4】 前記側面高抵抗層の前記焼結体への衝撃接着強度が 4 0 m m 以上となるように、前記側面高抵抗層を前記焼結体に接着したことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか一項記載の電圧非直線抵抗体。

【請求項 5】 前記電極の材料が、アルミニウム、銅、亜鉛、ニッケル、金、銀、チタンまたはそれらの合金の中から選択された材料であることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか一項記載の電圧非直線抵抗体。

【請求項 6】 前記電極の平均厚みが $5 \mu\text{m}$ ~ $500 \mu\text{m}$ の範囲内であることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか一項記載の電圧非直線抵抗体。

【請求項 7】 酸化亜鉛を主成分とした焼結体の側面に側面高抵抗層を形成し、前記焼結体の上下面に一对の電極を形成することにより、請求項 1 乃至 6 のいずれか一項記載の電圧非直線抵抗体を製造する方法において、

前記電極を、プラズマ溶射、アーク溶射、高速ガス炎溶射、スクリーン印刷、蒸着、転写、スパッタリングの中から選択された手法により形成することを特徴とする電圧非直線抵抗体の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、過電圧保護装置に使用される電圧非直線抵抗体及びその製造方法に関し、特に電極及び側面高抵抗層を有する電圧非直線抵抗体及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

一般に、電力系統においては、正常な電圧に重畳される過電圧を除去して電力系統を保護するために、避雷器やサージアブソーバといった過電圧保護装置が用いられている。この過電圧保護装置には、電圧非直線抵抗体が主に使用されている。ここで、電圧非直線抵抗体とは、正常な電圧ではほぼ絶縁特性を示し、過電圧が印加された時には比較的低抵抗となる特性を有する抵抗体である。

【0003】

このような電圧非直線抵抗体は、焼結体を備えている。この焼結体は、主成分である酸化亜鉛（ZnO）に、非直線抵抗特性を得るために添加物として少なくとも一種類以上の金属酸化物を添加したものを、混合し、造粒し、成形し、焼結することにより生成される。また、焼結体の側面には、サージ吸収時に側面からのフラッシュ・オーバーを防止するために側面高抵抗層が形成されている。さらに、焼結体の上下面には、焼結体に電流が均一に流れるようにするため、電極が設けられている。

【 0 0 0 4 】

上述した非直線抵抗体の電極においては、高電流が印加された時のフラッシュ・オーバーを避け易くするために、電極端部が焼結体端部にかからないように非直線抵抗体の円周部にリング状の電極未形成部を設けることが一般的となっている。

【 0 0 0 5 】

電極未形成部を設ける手法として、例えば、特公平 5-7 4 9 2 1 号公報や特開平 8-1 9 5 3 0 3 号公報においては、電極形成時に電圧非直線抵抗体にゴムマスクをはめることにより、非直線抵抗体の円周部にリング状の電極未形成部を設ける手法が開示されている。また、特開平 1 1-1 8 6 0 0 6 号公報においては、非直線抵抗体の円周部に焼結体端部と電極端部の距離が 0. 0 1 ~ 1. 0 m m となるようなリング状の電極未形成部を設ける手法が開示されている。

【 0 0 0 6 】

さらに他の多くの特許公報やその他の各種技術文献等においても、非直線抵抗体の円周部にリング状の電極未形成部を設けることが開示されている。このように、非直線抵抗体の円周部にリング状の電極未形成部を設けることは、従来、極めて一般的に行われている周知の技術である。

【 0 0 0 7 】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、電力需要の伸びと高度情報化社会の発展がめざましい近年においては、安定した安価な電力供給が強く求められている。また、都市部での用地不足による受変電設備の設置スペース不足から、送変電機器の小型化への要求はいま

だに強い。このような電力系統に対する安定した電力供給や小型化への要求を受けて、過電圧保護装置においても高信頼性および小型化への要求が高まっている。

【 0 0 0 8 】

過電圧保護装置におけるそのような要求に応えるために、最近では、電圧非直線抵抗体の単位厚み当たりの電圧値を大きくして高さ寸法を低く抑え、さらにはエネルギー吸収能力を向上して小径化を図ることにより、電圧非直線抵抗体の小型化が推進されている。また、当然のことながら、小型化された過電圧保護装置においても、長期間の使用における安定した運転状態が要求されている。

【 0 0 0 9 】

ところが、前述した従来の電圧非直線抵抗体のように、高電流印加時のフラッシュオーバーを回避する目的で、電極端部が焼結体端部にかからないように、非直線抵抗体の円周部にリング状の電極未形成部を設けた場合には、この電極未形成部の存在に起因して熱応力が発生することにより、焼結体が破壊に至る可能性がある。

【 0 0 1 0 】

すなわち、円周部にリング状の電極未形成部を設けるようにして、電極を焼結体の上下面に形成した非直線抵抗体において、電流を印加した時に電極形成部には電流が流れるが、非直線抵抗体周囲部のリング状の電極未形成部には電流が流れない。そのため、電極形成部のみが温度上昇して電極未形成部との間に温度差が生じることに起因して熱応力が発生することにより、焼結体にクラックが発生して破壊に至り、結果として電圧非直線抵抗体の過電圧保護能力を低下させる可能性があった。

【 0 0 1 1 】

したがって、非直線抵抗体の円周部にリング状の電極未形成部を設けるという従来の手法においては、単位厚み当たりの電圧の増大や小径化により電圧非直線抵抗体を小型化した時に要求される開閉サージ、雷インパルスや過電圧等のサージに対する十分な保護能力を確保することが困難であった。

【 0 0 1 2 】

その問題解決手段として、電極形成面積を極力広くすることが考えられる。しかしながら、従来の電圧非直線抵抗体では、電極を側面高抵抗層部まで、または側面高抵抗層の近傍まで形成すると、過電圧サージ印加時に側面高抵抗層の焼結体への接着力不足を原因とする焼結体-側面高抵抗層界面でのフラッシュオーバーが生じたり、側面抵抗層の電気絶縁性や耐熱性不足が原因としてフラッシュオーバーが生じたり、または、常時電圧がかかる通常の運転状態において課電劣化を生じる可能性がある。そのため、従来の電圧非直線抵抗体では、高い過電圧保護能力と安定した課電寿命性能を兼ね備えた電圧非直線抵抗体の実現できなくなるといった問題点があった。

【 0 0 1 3 】

本発明の目的は、通常の使用状態において安定した課電寿命を実現し、かつ、開閉サージ、雷インパルスや過電圧等のサージに対する保護能力を飛躍的に向上させた電圧非直線抵抗体及びその製造方法を提供することにある。

【 0 0 1 4 】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明は、酸化亜鉛を主成分とした焼結体と、この焼結体の側面に設けられた側面高抵抗層と、前記焼結体の上下面に設けられた一対の電極を備えた電圧非直線抵抗体において、特定の物質により側面高抵抗層を形成した上で、電極の端部と側面高抵抗層を含めた非直線抵抗体端部との端部間距離を選定して、電極の形成面積を最大限に広げるものである。

【 0 0 1 5 】

このような手段を講じたことにより、過電圧サージ印加時におけるフラッシュオーバーの発生や、実使用状態での電圧負荷による課電劣化を防止できる。

【 0 0 1 6 】

本発明ではさらに、電極の材料や平均厚み、側面高抵抗層の構成や厚み、あるいは電極の形成手法を選定することにより、電極や側面高抵抗層の密着力や電気特性を向上することができる。

【 0 0 1 7 】

かかる課題及び解決手段の下で、請求項 1 の電圧非直線抵抗体は、電極の端部

と側面高抵抗層を含めた非直線抵抗体端部との端部間距離が、0～（側面高抵抗層厚み+0.01）mmの範囲内となるように形成され、かつ、側面高抵抗層が、電気絶縁性及び耐熱性を有する無機高分子物質、非晶質無機高分子物質、ガラス化合物質、非晶質無機物質、結晶質無機物質、有機高分子化合物を主成分した物質のうち少なくとも1つから形成されたことを特徴としている。

【0018】

このような電圧非直線抵抗体においては、電極を電極の端部と側面高抵抗層を含めた非直線抵抗体端部との端部間距離が、0～（側面高抵抗層厚み+0.01）mmの範囲内であることにより、過電圧サージを印加した場合には焼結体全体に電流が流れるため、非直線抵抗体に温度差を生じることはない。そのため、電圧非直線抵抗体の周囲部にリング状の電極未形成部を設けた場合に生じるような、温度差に起因する熱応力の発生を防止でき、熱応力に起因する焼結体の破壊現象を防止できる。

【0019】

また、この電圧非直線抵抗体においては、円周部にリング状の電極未形成部を設けずに、電極を側面高抵抗層にかかるまで、または焼結体と側面高抵抗層の界面近傍まで形成することで電極の形成面積を最大限に広げているが、このように電極の形成面積を最大限に広げただけでは、焼結体と側面高抵抗層と焼結体の界面で、過電圧サージ印加時にフラッシュオーバーが生じたり、側面高抵抗層の電気絶縁性や耐熱性不足で過電圧サージ印加時にフラッシュオーバーが生じたり、実使用状態での電圧負荷時に課電劣化を生じる可能性がある。

【0020】

これに対して、本発明では、側面高抵抗層を、電気絶縁性及び耐熱性を有する無機高分子物質、非晶質無機高分子物質、ガラス化合物質、非晶質無機物質、結晶質無機物質、有機高分子化合物を主成分した物質のうち少なくとも1つから形成することにより、電極の形成面積を最大限に広げても、焼結体と側面高抵抗層と焼結体の界面でのそのようなフラッシュオーバーや電気絶縁性や耐熱性不足での過電圧サージ印加時のフラッシュオーバーや課電劣化の発生を防止できる。

【0021】

したがって、本発明の電圧非直線抵抗体は、通常の使用状態において安定した課電寿命を実現し、かつ、開閉サージ、インパルス電流や過電圧等のサージに対して優れた保護能力を発揮することができる。

【 0 0 2 2 】

特に、電極の端部と側面高抵抗層を含めた非直線抵抗体端部との端部間距離を 0 mm とする場合には、電圧非直線抵抗体の円周部に電極未形成部を設ける場合に比べて、電極未形成部を設けるためのマスキングが不要となる分だけ、電極形成工程を簡略化できる。

【 0 0 2 3 】

したがって、この場合には、前述した課電寿命や保護能力の向上に加えて、製造工程の簡略化とそれによるコストの節減等も実現できる。

【 0 0 2 4 】

請求項 2 の電圧非直線抵抗体は、請求項 1 記載の電圧非直線抵抗体において、前記非晶質無機高分子物質は、無機高分子物質であるりん酸アルミニウム系無機接着剤、非晶質シリカ、非晶質アルミナ又は非晶質シリカとオルガノシリケートの複合物であり、

前記ガラス化合物質は、鉛を主成分とするガラス、リンを主成分とするガラス又はビスマスを主成分とするガラスであり、

前記結晶質無機物質は、 Zn-Sb-O を構成成分とする結晶無機物、 Zn-Si-O を構成成分とする結晶無機物、 Zn-Sb-Fe-O を構成成分とする結晶無機物、 Fe-Mn-Bi-Si-O を構成成分とする結晶無機物、結晶シリカ (SiO_2)、アルミナ (Al_2O_3)、ムライト ($\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$)、コーデイライト ($\text{Mg}_2\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18}$)、酸化チタン (TiO_2) 又は酸化ジルコニウム (ZrO_2) であり、

前記有機高分子化合物は、エポキシ樹脂、ポリイミド樹脂、フェノール樹脂、メラニン樹脂、フッ素樹脂又はシリコン樹脂であると共に、

前記側面高抵抗層は、これらの中から選択された材料と、これらの材料から少なくとも 2 種類以上の材料の複合物が主成分である材料との中から、いずれか 1 種類以上を組み合わせて形成されたことを特徴としている。

【 0 0 2 5 】

この電圧非直線抵抗体は、側面高抵抗層の形成物質を適切に選定することにより、電気絶縁性及び耐熱性が高く、かつ、焼結体への側面高抵抗層の接着強度を一定以上に保った側面高抵抗層を実現することができる。そのため、電極を側面高抵抗層にかかるまで、または焼結体と側面高抵抗層の界面近傍まで形成することで電極の形成面積を最大限に広げながらも、側面高抵抗層の電気絶縁性、耐熱性及び接着強度が高いことにより、焼結体と側面高抵抗層と焼結体の界面での過電圧サージ印加時のフラッシュオーバーや、電気絶縁性や耐熱性不足によるフラッシュオーバーや、実使用状態での電圧負荷時の課電劣化の発生を防止することができる。

【 0 0 2 6 】

したがって、この電圧非直線抵抗体は、通常の使用状態において安定した課電寿命を実現し、かつ、開閉サージ、インパルス電流や過電圧等のサージに対して優れた保護能力を発揮することができる。

【 0 0 2 7 】

請求項 3 の電圧非直線抵抗体は、請求項 1 又は 2 のいずれか 1 項に記載の電圧非直線抵抗体において、側面高抵抗層の厚みが $1\ \mu\text{m}$ ～ $2\ \text{mm}$ の範囲内であることを特徴としている。

【 0 0 2 8 】

このような請求項 3 の電圧非直線抵抗体では、側面高抵抗層の厚みを $1\ \mu\text{m}$ ～ $2\ \text{mm}$ という適切な範囲に選定することにより、接着力が高い側面高抵抗層を実現することができる。そのため、電極を側面高抵抗層にかかるまで、または焼結体と側面高抵抗層の界面近傍まで形成することで電極の形成面積を最大限に広げながらも、側面高抵抗層の接着力が高いことにより、焼結体と側面高抵抗層と焼結体の界面での過電圧サージ印加時のフラッシュオーバーや、実使用状態での電圧負荷時の課電劣化の発生を防止することができる。

【 0 0 2 9 】

したがって、この電圧非直線抵抗体は、通常の使用状態において安定した課電寿命を実現し、かつ、開閉サージ、インパルス電流や過電圧等のサージに対して優れた保護能力を発揮することができる。

【 0 0 3 0 】

請求項 4 の電圧非直線抵抗体は、請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項記載の電圧非直線抵抗体において、重り落下試験により測定される側面高抵抗層の焼結体への衝撃接着強度が 4 0 m m 以上となるように形成することを特徴としている。

【 0 0 3 1 】

一般に、電圧非直線抵抗体は、円周部にリング状の電極未形成部を設けずに、電極を側面高抵抗層にかかるまで、または焼結体と側面高抵抗層の界面近傍まで形成することで電極の形成面積を最大限に広げている。このように電極の形成面積を最大限に広げただけでは、焼結体と側面高抵抗層と焼結体の界面で、過電圧サージ印加時にフラッシュオーバーが生じたり、実使用状態での電圧負荷時に課電劣化を生じる可能性がある。

【 0 0 3 2 】

これに対して、本発明では、側面高抵抗層の接着強度を適切な範囲に選定することにより、電極の形成面積を最大限に広げても、焼結体と側面高抵抗層と焼結体の界面でのそのようなフラッシュオーバーや電気絶縁性不足での過電圧サージ印加時のフラッシュオーバーや課電劣化の発生を防止できる。

【 0 0 3 3 】

したがって、このような請求項 4 の電圧非直線抵抗体によれば、通常の使用状態において安定した課電寿命を実現し、かつ、開閉サージ、インパルス電流や過電圧等のサージに対して優れた保護能力を発揮することができる。

【 0 0 3 4 】

請求項 5 の電圧非直線抵抗体は、請求項 1 ～ 4 のいずれか一項記載の電圧非直線抵抗体において、電極の材料が、アルミニウム、銅、亜鉛、ニッケル、金、銀、チタンまたはそれらの合金、の中から選択された材料であることを特徴としている。

【 0 0 3 5 】

このような請求項 5 の電圧非直線抵抗体によれば、電極材料を適切に選定することにより、導電率が高く焼結体との密着力が高い電極を実現することができる。そのため、この電圧非直線抵抗体は、開閉サージ、雷インパルス電流や過電圧

等のサージに対して優れた保護能力を発揮することができる。

【 0 0 3 6 】

請求項 6 の電圧非直線抵抗体は、請求項 1 ～ 5 のいずれか一項記載の電圧非直線抵抗体において、電極の平均厚みが $5\ \mu\text{m}$ ～ $500\ \mu\text{m}$ の範囲内であることを特徴としている。

【 0 0 3 7 】

このような請求項 5 の電圧非直線抵抗体によれば、電極の平均厚みを $5\ \mu\text{m}$ ～ $500\ \mu\text{m}$ という適切な範囲に選定することにより、接着強度が高く一定以上の熱容量を有する電極を実現することができる。そのため、この電圧非直線抵抗体は、開閉サージ、雷インパルス電流や過電圧等のサージに対して優れた保護能力を発揮することができる。

【 0 0 3 8 】

請求項 7 の製造方法は、酸化亜鉛を主成分とした焼結体の側面に側面高抵抗層を形成し、前記焼結体の上下面に一对の電極を形成することにより、請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項記載の非直線抵抗体を製造する方法において、電極の形成手法に特徴を有する。すなわち、電極を、プラズマ溶射、アーク溶射、高速ガス炎溶射、スクリーン印刷、蒸着、転写、スパッタリングの中から選択された手法により形成するものである。

【 0 0 3 9 】

この製造方法によれば、電極を形成する手法を適切に選定することにより、接着力が高い電極を実現することができる。そのため、この製造方法によって得られた電圧非直線抵抗体は、開閉サージ、雷インパルス電流や過電圧等のサージに対して優れた保護能力を発揮することができる。

【 0 0 4 0 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の電圧非直線抵抗体及びその製造方法を適用した実施形態について、図表を参照して具体的に説明する。

【 0 0 4 1 】

まず、図 1 は、本発明に従って製作された電圧非直線抵抗体を示す断面図であ

る。この電圧非直線抵抗体は、焼結体 1、電極 2、及び側面高抵抗層 3 を備えており、焼結体 1 の側面部に側面高抵抗層 3 を形成した後、焼結体 1 の両平坦面を所定の厚みに研磨し、その研磨面に電極 2 を形成することにより製作されている。以下に述べる各実施形態は、特に、電極 2 及び側面高抵抗層 3 に特徴を有するものであるが、その前にまず、焼結体 1 の製造工程について述べる。

【 0 0 4 2 】

〔焼結体の製造工程〕

まず、主成分の ZnO（酸化亜鉛）に対して、副成分として、酸化ビスマス（ Bi_2O_3 ）、酸化マンガン（ MnO_2 ）をそれぞれ 0.5 mol %、酸化コバルト（ Co_2O_3 ）、酸化ニッケル（NiO）、三酸化アンチモン（ Sb_2O_3 ）をそれぞれ 1 mol % ずつ添加して原料を作る。

【 0 0 4 3 】

次に、この原料を水及び有機物バインダー類と共に混合装置で混合し、混合スラリーを作る。

【 0 0 4 4 】

続いて、この混合スラリーをスプレードライヤーで噴霧造粒し、所定重量の造粒粉を金型に入れて所定の圧力で加圧し、例えば直径 60 mm の円板状に成形する。

【 0 0 4 5 】

その後、添加した有機物バインダー類を予め除くために空気中で 400～500℃ で熱処理し、さらに 1200℃ で焼成することにより、焼結体 1 を得る。

【 0 0 4 6 】

（第 1 の実施形態）

第 1 の実施形態は、請求項 1 に記載の発明に関するものであり、側面高抵抗層が所定の材質より選択されて形成された電圧非直線抵抗体において、電極端部 4 と側面高抵抗層を含めた非直線抵抗体端部 5 との端部間距離が 0 ～（側面高抵抗層厚み + 0.01）mm の範囲内となるように形成された電圧非直線抵抗体の作用効果を示すために、端部間距離が異なる複数種類の電圧非直線抵抗体を試料として製作し、各試料の評価を行ったものである。

【 0 0 4 7 】

[端部間距離が異なる試料の製作]

電極端部 4 と側面高抵抗層を含めた非直線抵抗体端部 5 との端部間距離を 0 ～ (側面高抵抗層厚み + 0. 0 1) mm の範囲内とする構成の作用効果を示すために、電極 2 の形成面積を変化させて、電極端部 4 と側面高抵抗層を含めた非直線抵抗体端部 5 との端部間距離が異なる複数種類の電圧非直線抵抗体を製作した。

【 0 0 4 8 】

まず、いずれの試料においても、側面高抵抗層 3 については、ムライト ($\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$) を含有する、リン酸アルミニウム系無機接着剤を主成分とする厚み 1 0 0 μm の側面高抵抗層 3 を形成した。

【 0 0 4 9 】

このように厚み 1 0 0 μm の側面高抵抗層 3 を等しく形成した試料に対して、アルミニウムを主成分とした材料を用いて、面積の異なる電極 2 をそれぞれ形成することにより、端部 4 と側面高抵抗層を含めた非直線抵抗体端部 5 との端部間距離が、それぞれ、0, 1 0, 5 0, 1 0 0, 1 1 0, 1 2 0, 1 5 0 μm と異なる、計 7 種類の電圧非直線抵抗体を製作した。

【 0 0 5 0 】

[端部間距離が異なる試料の評価]

以上のように製作した各試料に対して、2 ms の波長で所定のエネルギーを有する開閉サージを、1 0 0 J / cm^3 を開始エネルギーとし、試料が室温に戻る時間間隔で印加エネルギーを 5 0 J / cm^3 ずつ増加させながら印加してゆき、各試料が破壊するエネルギーにより各試料の過電圧保護能力の評価を行った。その結果を図 2 に示す。

【 0 0 5 1 】

図 2 から明らかなように、本発明に該当する試料、つまり電極端部 4 と側面高抵抗層 3 を含めた非直線抵抗体端部 5 との端部間距離が 0 ～ (側面高抵抗層厚み + 0. 0 1) mm の範囲の試料 (本実施形態においては、端部間距離が 0 ～ 1 1 0 μm の試料) は、いずれも、8 0 0 J / cm^3 未満のエネルギーを有する開閉サージを印加した時点では破壊が生じることはなく、破壊が生じるのは印加する

エネルギーが少なくとも $800 \text{ J} / \text{cm}^3$ 以上となった場合である。

【0052】

これに対して、本発明に該当しない試料、つまり電極端部4と側面高抵抗層を含めた非直線抵抗体端部5との端部間距離が（側面高抵抗層厚み+0.01）mmを越える試料（本実施形態においては、端部間距離が $110 \mu\text{m}$ を越える試料）は、いずれも、 $400 \text{ J} / \text{cm}^3$ 以下のエネルギーを有する開閉サージを印加した時点で破壊が生じている。

【0053】

このような評価結果が得られた理由は、次のように解釈できる。すなわち、電極端部4と側面高抵抗層を含めた非直線抵抗体端部5との端部間距離が（側面高抵抗層厚み+0.01）mmを越えると、端部間距離が大きすぎるため、開閉サージを印加した時に非直線抵抗体周囲部に電流が流れない領域が大きくなり、電極形成部の電流が流れる領域とで温度差が生じることにより起因して熱応力が発生する。そして、この熱応力により、焼結体1にクラックが発生し破壊に至り、結果として非直線抵抗体の過電圧保護能力を低下させてしまう。

【0054】

これに対して、電極端部4と側面高抵抗層を含めた非直線抵抗体端部5との端部間距離が0～（側面高抵抗層厚み+0.01）mmの範囲内であれば、開閉サージを印加した時に非直線抵抗体周囲部に電流が流れない領域が生じないかあるいは生じても小さいため、非直線抵抗体に温度差が生じることはなく、熱応力に起因する焼結体1の破壊現象を防止できる。

【0055】

そのため、電極端部4と側面高抵抗層を含めた非直線抵抗体端部5との端部間距離が（側面高抵抗層厚み+0.01）mmを越える電圧非直線抵抗体においては、優れた過電圧保護能力を得ることができず、端部間距離が（側面高抵抗層厚み+0.01）mmの範囲内の電圧非直線抵抗体においてのみ、優れた過電圧保護能力が得られるものと考えられる。

【0056】

[端部間距離選定による効果]

以上の評価結果から明らかなように、本発明に従い、所定の側面高抵抗層 3 を選定し、かつ、電極端部 4 と側面高抵抗層を含めた非直線抵抗体端部 5 との端部間距離が 0 ～ (側面高抵抗層厚み + 0. 0 1) mm の範囲内となるように形成することにより、通常の使用状態において安定した課電寿命を実現し、かつ、開閉サージ、インパルス電流や過電圧等のサージに対する過電圧保護能力を大きく向上させることができる。

【 0 0 5 7 】

(第 2 の実施形態)

第 2 の実施形態は、請求項 1 及び 2 に記載の発明に関するものであり、電極端部 4 と側面高抵抗層を含めた非直線抵抗体端部 5 との端部間距離が 0 ～ (側面高抵抗層厚み + 0. 0 1) mm の範囲内となるように形成され、かつ、側面高抵抗層が、電気絶縁性及び耐熱性を有する無機高分子による側面高抵抗層、非晶質無機高分子による側面高抵抗層、ガラス化合物による側面高抵抗層、非晶質無機物による側面高抵抗層、結晶質無機物による側面高抵抗層、有機高分子樹脂を主成分とした側面高抵抗層、の中から少なくとも 1 種類以上を組み合わせ形成され、特に側面高抵抗層が、りん酸アルミニウム系無機接着剤 (無機高分子)、非晶質シリカ、非晶質アルミナ、非晶質シリカとオルガノシリケート、非晶質アルミナとオルガノシリケート (以上、非晶質無機高分子)、鉛を主成分とするガラス、燐を主成分とするガラス、ビスマス (Bismass) を主成分とするガラス (以上、ガラス化合物)、Zn-Sb-O を構成成分とする結晶無機物、Zn-Si-O を構成成分とする結晶無機物、Zn-Sb-Fe-O を構成成分とする結晶無機物、Fe-Mn-Bi-Si-O を構成成分とする結晶無機物、結晶シリカ (SiO_2)、アルミナ (Al_2O_3)、ムライト ($\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$)、コーデイライト ($\text{Mg}_2\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18}$)、酸化チタン (TiO_2) 又は酸化ジルコニウム (ZrO_2) (以上、結晶質無機物)、エポキシ樹脂、ポリイミド樹脂、フェノール樹脂、メラニン樹脂、フッ素樹脂、シリコン樹脂 (以上、有機高分子化合物) の中から選択された材料、もしくは、以上の材料から少なくとも 2 種類以上の材料の複合物が主成分である材料の中からいずれか 1 種類以上を組み合わせ形成された電圧非直線抵抗体の側面高抵抗層の構成を選定した場合の作用効果を示すために、側面高抵抗層の構成が異なる複数種類の電圧非直線抵抗体を試料とし

て製作し、各試料の評価を行ったものである。

【0058】

〔側面高抵抗層の構成が異なる試料の製作〕

まず、単層構造の側面高抵抗層を有する電圧非直線抵抗体として、本発明に従い、無機高分子による側面高抵抗層3を有する4種類の電圧非直線抵抗体（第1～4の試料）、非晶質無機高分子による側面高抵抗層3を有する4種類の電圧非直線抵抗体（第5～8の試料）、ガラス化合物による側面高抵抗層3を有する9種類の電圧非直線抵抗体（第9～17の試料）、結晶質無機物による側面高抵抗層3を有する12種類の電圧非直線抵抗体（第18～29の試料）、電気絶縁性及び耐熱性を有する有機高分子樹脂を主成分とした側面高抵抗層3を有する9種類の電圧非直線抵抗体（第30～38の試料）、という計38種類の電圧非直線抵抗体（第1～第38の試料）を製作した。これらの第1～第38の試料における側面高抵抗層3の詳細は、次の通りである。

【0059】

第1～第4の試料においては、無機高分子による側面高抵抗層として、ムライト ($\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$) を含有した磷酸アルミニウム系無機接着剤を主成分とした側面高抵抗層3、アルミナ (Al_2O_3) を含有した磷酸アルミニウム系無機接着剤を主成分とした側面高抵抗層3、シリカ (SiO_2) を含有した磷酸アルミニウム系無機接着剤を主成分とした側面高抵抗層3、コーデイライト ($\text{Mg}_2\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18}$) を含有した磷酸アルミニウム系無機接着剤を主成分とした側面高抵抗層3、をそれぞれ形成した。

【0060】

第5～第8の試料においては、非晶質無機高分子による側面高抵抗層として、非晶質シリカ (SiO_2) を主成分とした側面高抵抗層3、非晶質アルミナ (Al_2O_3) を主成分とした側面高抵抗層3、非晶質シリカ (SiO_2) とオルガノシリケート ($\text{CH}_3\text{SiO}_{1.5}$) を主成分とした側面高抵抗層3、非晶質アルミナ (Al_2O_3) とオルガノシリケート ($\text{CH}_3\text{SiO}_{1.5}$) を主成分とした側面高抵抗層3、をそれぞれ形成した。

【0061】

第9～第17の試料においては、非晶質無機物による側面高抵抗層として、Pb-B-Siガラスを主成分とする側面高抵抗層3、Pb-Zn-B-Siガラスを主成分とした側面高抵抗層3、P-Si-Bガラスを主成分とした側面高抵抗層3、P-Si-Znガラスを主成分とした側面高抵抗層3、P-Sn-Zn-Al-Siガラスを主成分とした側面高抵抗層3、Bi-B-Siガラスを主成分とした側面高抵抗層3、Bi-Zn-B-Siガラスを主成分とした側面高抵抗層3、Bi-Zn-B-Si-Alガラスを主成分とした側面高抵抗層3、Bi-Zn-B-Alガラスを主成分とした側面高抵抗層3、をそれぞれ形成した。

【 0 0 6 2 】

第18～第29の試料においては、結晶質無機物による側面高抵抗層として、Zn-Sb-O成分の結晶無機物を主成分とした側面高抵抗層3、Zn-Si-O成分の結晶無機物を主成分とした側面高抵抗層3、Zn-Si-O成分の結晶無機物とZn-Sb-O成分の結晶無機物の複合物を主成分とした側面高抵抗層3、Zn-Si-O成分の結晶無機物とFe-Zn-Sb-O成分の結晶無機物の複合物を主成分とした側面高抵抗層3、Fe-Mn-Bi-Si-O成分の結晶無機物を主成分とした側面高抵抗層3、Fe-Mn-Bi-Si-O成分の結晶無機物とZn-Sb-O成分の結晶無機物の複合物を主成分とした側面高抵抗層3、結晶質シリカ (SiO_2) を主成分とした側面高抵抗層3、アルミナ (Al_2O_3) を主成分とした側面高抵抗層3、ムライト ($\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$) を主成分とした側面高抵抗層3、コーデイライト ($\text{Mg}_2\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18}$) を主成分とした側面高抵抗層3、酸化チタン (TiO_2) を主成分とした側面高抵抗層3、酸化ジルコニウム (ZrO_2) を主成分とした側面高抵抗層3、をそれぞれ形成した。

【 0 0 6 3 】

第30～第38の試料においては、電気絶縁性及び耐熱性を有する有機高分子樹脂を主成分とした側面高抵抗層として、エポキシ樹脂を主成分とした側面高抵抗層3、シリカを含有した側面高抵抗層3、アルミナを含有した側面高抵抗層3、シリカとアルミナを含有した側面高抵抗層3、ポリイミド樹脂を主成分とした側面高抵抗層3、フェノール樹脂を主成分とした側面高抵抗層3、メラニン樹脂を主成分とした側面高抵抗層3、フッ素樹脂を主成分とした側面高抵抗層3、シリコン樹脂を主成分とした側面高抵抗層3、をそれぞれ形成した。

【 0 0 6 4 】

さらに、比較のために、電気絶縁性及び耐熱性の低い有機高分子樹脂を主成分とした側面高抵抗層を有する 5 種類の電圧非直線抵抗体（第 3 9 ～第 4 3 の試料）を製作した。これらの第 3 9 ～第 4 3 の試料においては、電気絶縁性及び耐熱性の低い有機高分子樹脂を主成分とした側面高抵抗層として、テフロン樹脂を主成分とした側面高抵抗層 3、ポリエチレン樹脂を主成分とした側面高抵抗層 3、ポリスチレン樹脂を主成分とした側面高抵抗層 3、ポリプロピレン樹脂を主成分とした側面高抵抗層 3、アクリル樹脂を主成分とした側面高抵抗層 3、をそれぞれ形成した。

【 0 0 6 5 】

また、ゴムを主成分とした側面高抵抗層を有する 3 種類の電圧非直線抵抗体（第 4 4 ～第 4 6 の試料）を製作した。これらの第 4 4 ～第 4 6 の試料においては、ゴムを主成分とした側面高抵抗層として、フッ素ゴムを主成分とした側面高抵抗層 3、ウレタンゴムを主成分とした側面高抵抗層 3、シリコンゴムを主成分とした側面高抵抗層 3、をそれぞれ形成した。

【 0 0 6 6 】

また、2 層構造の側面高抵抗層を有する電圧非直線抵抗体として、本発明で選定している 6 種類の側面高抵抗層の中から 2 種類の側面高抵抗層を組み合わせ、1 2 種類の電圧非直線抵抗体（第 4 7 ～第 5 8 の試料）を製作した。これらの第 4 7 ～第 5 8 の試料における側面高抵抗層 3 の詳細は、次の通りである。

【 0 0 6 7 】

第 4 7 の試料においては、ムライト ($\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$) を含有した磷酸アルミニウム系無機接着剤を主成分とした第 1 の側面高抵抗層の上に、非晶質シリカ (SiO_2) とオルガノシリケート ($\text{CH}_3\text{SiO}_{1.5}$) を主成分とした第 2 の側面高抵抗層を形成して、2 層構造の側面高抵抗層 3 とした。

【 0 0 6 8 】

第 4 8 の試料においては、ムライト ($\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$) を含有した磷酸アルミニウム系無機接着剤を主成分とした第 1 の側面高抵抗層の上に、非晶質アルミナ (Al_2O_3) とオルガノシリケート ($\text{CH}_3\text{SiO}_{1.5}$) を主成分とした第 2 の側面高抵抗層を形成して、2 層構造の側面高抵抗層 3 とした。

【 0 0 6 9 】

第 4 9 の試料においては、アルミナ (Al_2O_3) を含有した磷酸アルミニウム系無機接着剤を主成分とした第 1 の側面高抵抗層の上に、非晶質シリカ (SiO_2) とオルガノシリケート ($\text{CH}_3\text{SiO}_{1.5}$) を主成分とした第 2 の側面高抵抗層を形成して、2 層構造の側面高抵抗層 3 とした。

【 0 0 7 0 】

第 5 0 の試料においては、アルミナ (Al_2O_3) を含有した磷酸アルミニウム系無機接着剤を主成分とした第 1 の側面高抵抗層の上に、非晶質アルミナ (Al_2O_3) とオルガノシリケート ($\text{CH}_3\text{SiO}_{1.5}$) を主成分とした第 2 の側面高抵抗層を形成して、2 層構造の側面高抵抗層 3 とした。

【 0 0 7 1 】

第 5 1 の試料においては、Zn-Si-O 成分の結晶無機物と Zn-Sb-O 成分の結晶無機物の複合物を主成分とした第 1 の側面高抵抗層の上に、非晶質シリカ (SiO_2) とオルガノシリケート ($\text{CH}_3\text{SiO}_{1.5}$) を主成分とした第 2 の側面高抵抗層を形成して、2 層構造の側面高抵抗層 3 とした。

【 0 0 7 2 】

第 5 2 の試料においては、Zn-Si-O 成分の結晶無機物と Zn-Sb-O 成分の結晶無機物の複合物を主成分とした第 1 の側面高抵抗層の上に、Pb-B-Si ガラスを主成分とする第 2 の側面高抵抗層を形成して、2 層構造の側面高抵抗層 3 を形成した。

【 0 0 7 3 】

第 5 3 の試料においては、Zn-Si-O 成分の結晶無機物と Zn-Sb-O 成分の結晶無機物の複合物を主成分とした第 1 の側面高抵抗層の上に、Pb-Zn-B-Si ガラスを主成分とした第 2 の側面高抵抗層を形成して、2 層構造の側面高抵抗層 3 を形成した。

【 0 0 7 4 】

第 5 4 の試料においては、Zn-Si-O 成分の結晶無機物と Zn-Sb-O 成分の結晶無機物の複合物を主成分とした第 1 の側面高抵抗層の上に、Bi-B-Si ガラスを主成分とした第 2 の側面高抵抗層を形成して、2 層構造の側面高抵抗層 3 を形成した。

【 0 0 7 5 】

第 5 5 の試料においては、Zn-Si-O 成分の結晶無機物と Zn-Sb-O 成分の結晶無機物の複合物を主成分とした第 1 の側面高抵抗層の上に、Bi-Zn-B-Si ガラスを主成分とした第 2 の側面高抵抗層を形成して、2 層構造の側面高抵抗層 3 を形成した。

【 0 0 7 6 】

第 5 6 の試料においては、Zn-Si-O 成分の結晶無機物と Zn-Sb-O 成分の結晶無機物の複合物を主成分とした第 1 の側面高抵抗層の上に、エポキシ樹脂を主成分とした第 2 の側面高抵抗層を形成して、2 層構造の側面高抵抗層 3 を形成した。

【 0 0 7 7 】

第 5 7 の試料においては、アルミナ (Al_2O_3) を主成分とした第 1 の側面高抵抗層の上に、非晶質シリカ (SiO_2) とオルガノシリケート ($\text{CH}_3\text{SiO}_{1.5}$) を主成分とした第 2 の側面高抵抗層を形成して、2 層構造の側面高抵抗層 3 を形成した。

【 0 0 7 8 】

第 5 8 の試料においては、ムライト ($\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$) を主成分とした第 1 の側面高抵抗層の上に、非晶質シリカ (SiO_2) とオルガノシリケート ($\text{CH}_3\text{SiO}_{1.5}$) を主成分とした第 2 の側面高抵抗層を形成して、2 層構造の側面高抵抗層 3 を形成した。

【 0 0 7 9 】

なお、いずれの試料においても、電極 2 は、アルミニウムを主成分とした材料を用いて、電極端部 4 と側面高抵抗層を含めた非直線抵抗体端部 5 との端部間距離が 0 mm となるように、等しく形成した。

【 0 0 8 0 】

〔側面高抵抗層の構成が異なる試料の評価〕

以上のように製作した各試料に対して、2 ms の波長で所定のエネルギーを有する開閉サージを、 $100 \text{ J} / \text{cm}^3$ を開始エネルギーとし、試料が室温に戻る時間間隔で印加エネルギーを $50 \text{ J} / \text{cm}^3$ ずつ増加させながら印加してゆき、各試料が破壊するエネルギーにより各試料の過電圧保護能力の評価を行った。また、各試料について、 115°C の温度下の電圧非直線抵抗体に対して、室温の電

圧非直線抵抗体に1mAの抵抗分電流IRが流れる交流電圧を1000時間課電し、課電開始直後の抵抗分漏れ電流（IR（0h））と1000時間課電後の抵抗分電流（IR（1000h））を測定し、 $IR（1000h）/IR（0h）$ により課電寿命特性の評価を行った。以上の評価結果を表1、表2に示す。

【0081】

【表1】

側面高抵抗層材質と過電圧保護能力、課電寿命性能の関係

試料 番号	側面高抵抗層 の分類	第1の 側面高抵抗層	第2の 側面高抵抗層	破壊エネルギー (J/cm ²)	IR_{0h}/IR_{1000h}
1	無機高分子	ムライト含有 磷酸アルミニウム系無機接着剤	なし	850	0.93
2		アルミナ含有 磷酸アルミニウム系無機接着剤		800	0.91
3		シリカ含有 磷酸アルミニウム系無機接着剤		800	0.89
4		コーデイライト含有 磷酸アルミニウム系無機接着剤		850	0.87
5	非晶質無機 高分子	非晶質シリカ		850	0.87
6		非晶質アルミナ		800	0.85
7		非晶質シリカ とオルガノシリケート		850	0.91
8		非晶質アルミナ とオルガノシリケート		800	0.92
9	ガラス化合物	Pb-B-Si ガラス		850	0.86
10		Pb-Zn-B-Si ガラス		800	0.89
11		P-Si-B ガラス		800	0.92
12		P-Si-Zn ガラス		800	0.87
13		P-Sn-Zn-Al-Si ガラス		800	0.86
14		Bi-B-Si ガラス		850	0.90
15		Bi-Zn-B-Si ガラス		850	0.89
16		Bi-Zn-B-Si-Al ガラス		800	0.93
17		Bi-Zn-B-Al ガラス		800	0.95
18	結晶質無機物	Zn-Sb-O 結晶無機物		800	0.91
19		Zn-Si-O 結晶無機物		800	0.90
20		Zn-Si-O 結晶無機物 +Zn-Sb-O 結晶無機物		850	0.94
21		Zn-Si-O 結晶無機物 +Fe-Zn-Sb-O 結晶無機物		800	0.88
22		Fe-Bi-Bi-Si-O 結晶無機物		800	0.87
23		Fe-Bi-Bi-Si-O 結晶無機物 +Zn-Sb-O 結晶無機物		850	0.89
24		結晶シリカ		800	0.86
25		アルミナ		800	0.85
26		ムライト		850	0.87
27		コーデイライト		800	0.89
28		酸化テタン		800	0.88
29		酸化ジルコニウム		800	0.89

【0082】

【表 2】

側面高抵抗層材質と過電圧保護能力、瞬電寿命性能の関係

試料 番号	側面高抵抗層 の分類	第 1 の 側面高抵抗層	第 2 の 側面高抵抗層	破壊エネルギー (J/cm ³)	IR _{0n} / IR _{100n}
30	電気絶縁性及び 耐熱性が高い 有機高分子樹脂	エポキシ樹脂		850	0.86
31		シリカ含有エポキシ樹脂		850	0.93
32		アルミナ含有エポキシ樹脂		850	0.90
33		シリカ、アルミナ含有 エポキシ樹脂		900	0.89
34		ポリイミド樹脂		800	0.91
35		フェノール樹脂		800	0.93
36		メラニン樹脂		800	0.89
37		フッ素樹脂		850	0.90
38		シリコン樹脂		850	0.86
39		テフロン樹脂		350	1.56
40	電気絶縁性及び 耐熱性が低い 有機高分子樹脂	ポリエチレン樹脂		300	2.13
41		ポリスチレン樹脂		300	2.47
42		ポリプロピレン樹脂		250	2.91
43		アクリル樹脂		300	2.57
44	有機高分子ゴム	フッ素ゴム		400	1.98
45		ウレタンゴム		350	1.72
46		シリコンゴム		300	2.97
47	2 種類の 側面高抵抗層 の組み合わせ	ムライト含有 燐酸7-ヒニウム系無機接着剤	非晶質シリカ とオルガノシリケート	950	0.97
48		ムライト含有 燐酸7-ヒニウム系無機接着剤	非晶質アルミナ とオルガノシリケート	950	0.95
49		アルミナ含有 燐酸7-ヒニウム系無機接着剤	非晶質シリカ とオルガノシリケート	900	0.91
50		アルミナ含有 燐酸7-ヒニウム系無機接着剤	非晶質アルミナ とオルガノシリケート	900	0.89
51		Zn-Si-O 成分結晶無機物 + Zn-Sb-O 成分結晶無機物	非晶質シリカ とオルガノシリケート	850	0.94
52		Zn-Si-O 成分結晶無機物 + Zn-Sb-O 成分結晶無機物	Pb-B-Si ガラス	900	0.98
53		Zn-Si-O 成分結晶無機物 + Zn-Sb-O 成分結晶無機物	Pb-Zn-B-Si ガラス	900	0.87
54		Zn-Si-O 成分結晶無機物 + Zn-Sb-O 成分結晶無機物	Bi-B-Si ガラス	950	0.88
55		Zn-Si-O 成分結晶無機物 + Zn-Sb-O 成分結晶無機物	Bi-Zn-B-Si ガラス	950	0.89
56		Zn-Si-O 成分結晶無機物 + Zn-Sb-O 成分結晶無機物	エポキシ樹脂	850	0.93
57		アルミナ	非晶質シリカ とオルガノシリケート	850	0.89
58		ムライト	非晶質シリカ とオルガノシリケート	850	0.95

【0083】

この表 1、表 2 から明らかなように、本発明の側面高抵抗層を用いた試料、つまり第 1～第 38 の試料、及び第 47～第 58 の試料は、いずれも、800 J/cm³ 未満のエネルギーを有する開閉サージを印加した時点では破壊が生じることはなく、破壊が生じるのは印加するエネルギーが少なくとも 800 J/cm³ 以上となった場合である。これに対して、本発明に該当しない試料、つまり第 3

9～第46の試料は、いずれも、 400 J/cm^3 以下のエネルギーを有する開閉サージを印加した時点で破壊が生じている。

【0084】

このような評価結果が得られた理由は、次のように解釈できる。すなわち、側面高抵抗層3として、本発明に該当する側面高抵抗層3を使用することにより、衝撃接着力及び電気絶縁性及び耐熱性が高い側面高抵抗層3を容易に実現することができるため、優れた過電圧保護能力を得ることができる。これに対して、側面高抵抗層3として、本発明に該当しない側面高抵抗層3を使用した場合には、衝撃接着力、電気絶縁性及び耐熱性が高い側面高抵抗層3を実現することが困難であり、開閉サージを印加した時に側面高抵抗層3と焼結体1の界面でフラッシュオーバーが生じ易くなるので、優れた過電圧保護能力を得ることができない。

【0085】

また、本発明の側面高抵抗層を用いた第1～第38の試料、及び第47～第58の試料は、いずれも、 $\text{IR}(1000\text{ h})/\text{IR}(0\text{ h})$ の値が1以下であるのに対して、本発明の側面高抵抗層を用いていない第39～第46の試料は、 $\text{IR}(1000\text{ h})/\text{IR}(0\text{ h})$ の値が1を大きく越えている。

【0086】

このような評価結果が得られた理由は、次のように解釈できる。すなわち、電極2を側面高抵抗層3にかかるまで、または、焼結体1と側面高抵抗層3の界面近傍まで形成することで電極2の形成面積を最大限に広げた場合において、側面高抵抗層3に本発明の側面高抵抗層を使用しないと、電圧を長時間課電することにより側面高抵抗層3と焼結体1の界面に流れる漏れ電流が増加する。これに対して、電極2の形成面積を最大限に広げた場合でも、本発明の側面高抵抗層を使用すれば、電圧を長時間課電しても側面高抵抗層3と焼結体1の界面に流れる漏れ電流は増加しない。

【0087】

そのため、本発明の側面高抵抗層を使用しない電圧非直線抵抗体においては、安定した課電寿命性能を得ることができず、本発明の側面高抵抗層を使用した電圧非直線抵抗体においてのみ、安定した課電寿命性能が得られるものと考えられ

る。

【 0 0 8 8 】

[側面高抵抗層の構成の選定による効果]

以上の評価結果から明らかなように、本発明に従い、電気絶縁性及び耐熱性を有する無機高分子による側面高抵抗層、非晶質無機高分子による側面高抵抗層、非晶質無機物による側面高抵抗層、ガラス化合物による側面高抵抗層、結晶質無機物による側面高抵抗層、有機高分子樹脂を主成分とした側面高抵抗層、6種類の側面高抵抗層の中からいずれか1種類以上を組み合わせることで側面高抵抗層を形成することにより、通常の使用状態において安定した課電寿命を実現し、かつ、開閉サージ、インパルス電流や過電圧等のサージに対する過電圧保護能力を大きく向上させることができる。

【 0 0 8 9 】

(第3の実施形態)

第3の実施形態は、請求項3に記載の発明に関するものであり、前記第1の実施形態で示した側面高抵抗層材と端部間距離の選定に加えて、さらに側面高抵抗層の厚みを選定した場合の作用効果を示すために、側面高抵抗層の厚みが異なる複数種類の電圧非直線抵抗体を試料として製作し、各試料の評価を行ったものである。

【 0 0 9 0 】

すなわち、本実施形態の電圧非直線抵抗体はまず、電極端部4と側面高抵抗層を含めた非直線抵抗体端部5との端部間距離が0～(側面高抵抗層厚み+0.01)mmの範囲内の一定値となるように、形成される。そして、この構成を前提として、請求項3に記載の発明に従い、側面高抵抗層3の厚みを1μm～2mmの範囲に選定した場合の作用効果を示すために、側面高抵抗層3の厚みが異なる複数種類の電圧非直線抵抗体を試料として製作し、各試料の評価を行ったものである。

【 0 0 9 1 】

[側面高抵抗層の平均厚みが異なる試料の製作]

まず、側面高抵抗層3については、ムライト($\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$)を含有した、磷酸

アルミニウム系無機接着剤を成分とする側面高抵抗層 3 の厚みが、それぞれ、 0.1 、 1 、 10 、 $100\ \mu\text{m}$ 、 1 、 2 、 $5\ \text{mm}$ と異なる、計 7 種類の電圧非直線抵抗体を製作した。

【0092】

また、いずれの試料においても、電極 2 については、アルミニウムを主成分とした材料を用いて、電極端部 4 と側面高抵抗層を含めた非直線抵抗体端部 5 との端部間距離が $0\ \text{mm}$ となるように、等しく形成した。

【0093】

[側面高抵抗層の厚みが異なる試料の評価]

以上のように製作した各試料に対して、 $2\ \text{ms}$ の波長で所定のエネルギーを有する開閉サージを、 $100\ \text{J}/\text{cm}^3$ を開始エネルギーとし、試料が室温に戻る時間間隔で印加エネルギーを $50\ \text{J}/\text{cm}^3$ ずつ増加させながら印加してゆき、各試料が破壊するエネルギーにより各試料の過電圧保護能力の評価を行った。その結果を図 3 に示す。

【0094】

図 3 から明らかなように、本発明に該当する試料、つまり側面高抵抗層 3 の厚みが $1\ \mu\text{m} \sim 2\ \text{mm}$ の範囲の試料は、いずれも、 $800\ \text{J}/\text{cm}^3$ 未満のエネルギーを有する開閉サージを印加した時点では破壊が生じることはなく、破壊が生じるのは印加するエネルギーが少なくとも $800\ \text{J}/\text{cm}^3$ 以上となった場合である。これに対して、本発明に該当しない試料、つまり、側面高抵抗層 3 の厚みが $0.1\ \mu\text{m}$ 、 $5\ \text{mm}$ の試料は、いずれも、 $400\ \text{J}/\text{cm}^3$ 以下のエネルギーを有する開閉サージを印加した時点で破壊が生じている。

【0095】

このような評価結果が得られた理由は、次のように解釈できる。すなわち、側面高抵抗層 3 の厚みが $1\ \mu\text{m}$ 未満であると、薄すぎて適切な電気絶縁性能が得られないため、優れた過電圧保護能力を得ることができない。反対に、側面高抵抗層 3 の厚みが $2\ \text{mm}$ を越えると、厚すぎて側面高抵抗層 3 の焼結体 1 に対する接着強度が低下するので、優れた過電圧保護能力を得ることができない。これに対して、側面高抵抗層 3 の厚みが $1\ \mu\text{m} \sim 2\ \text{mm}$ の範囲内であれば、一定以上の電

気絶縁性能を確保でき、また、側面高抵抗層 3 の焼結対 1 に対する接着強度も一定以上に確保できるため、優れた過電圧保護能力を得ることができるものと考えられる。

【 0 0 9 6 】

また、上記の試料について、115℃の温度下の電圧非直線抵抗体に対して、室温の電圧非直線抵抗体に1mAの抵抗分電流IRが流れる交流電圧を1000時間課電し、課電開始直後の抵抗分漏れ電流（IR（0h））と1000時間課電後の抵抗分電流（IR（1000h））を測定し、 $IR（1000h）/IR（0h）$ により課電寿命特性の評価を行った、その結果を図4に示す。

【 0 0 9 7 】

図4から明らかなように、本発明に該当する試料、つまり側面高抵抗層3の厚みが1μm～2mmの範囲の試料は、いずれも、 $IR（1000h）/IR（0h）$ の値が1以下である。これに対して、第5の実施形態に該当しない試料、つまり側面高抵抗層3の厚みが0.1μm、5mmの試料は、いずれも、 $IR（1000h）/IR（0h）$ の値が1を大きく越えている。

【 0 0 9 8 】

このような評価結果が得られた理由は、次のように解釈できる。すなわち、電極2を側面高抵抗層3にかかるまで、または、焼結体1と側面高抵抗層3の界面近傍まで形成することで電極2の形成面積を最大限に広げた場合において、側面高抵抗層3の厚みが1μm未満と薄すぎると、電圧を長時間課電した場合に側面高抵抗層3の表面に流れる漏れ電流が増加してしまい、安定した課電寿命性能を得ることができない。

【 0 0 9 9 】

反対に、側面高抵抗層3の厚みが2mm超と厚すぎると、側面高抵抗層3の焼結体1に対する接着強度が低下するので、電圧を長時間課電すると側面高抵抗層3と焼結体1の界面に流れる漏れ電流が増加してしまい、安定した課電寿命性能を得ることができない。

【 0 1 0 0 】

これに対して、電極2の形成面積を最大限に広げた場合でも、側面高抵抗層3

の厚みが $1\ \mu\text{m} \sim 2\ \text{mm}$ の範囲内であれば、側面高抵抗層 3 の表面や焼結対 1 との界面に流れる漏れ電流は増加しない。

【 0 1 0 1 】

そのため、側面高抵抗層の厚みが $1\ \mu\text{m}$ 未満あるいは $2\ \text{mm}$ 超の電圧非直線抵抗体においては、安定した課電寿命性能を得ることができず、側面高抵抗層の厚みが $1\ \mu\text{m} \sim 2\ \text{mm}$ の範囲内である電圧非直線抵抗体においてのみ、安定した課電寿命性能が得られるものと考えられる。

【 0 1 0 2 】

[側面高抵抗層の厚みの選定による効果]

以上の評価結果から明らかなように、本発明に従い、側面高抵抗層 3 の厚みを $1\ \mu\text{m} \sim 2\ \text{mm}$ とすることにより、一定以上の耐電圧と適切な接着強度の両方を確保することができるため、通常の使用状態において安定した課電寿命を実現し、かつ、開閉サージ、インパルス電流や過電圧等のサージに対する過電圧保護能力を大きく向上させることができる。

【 0 1 0 3 】

(第 4 の実施形態)

第 4 の実施形態は、請求項 4 に記載の発明に関するものであり、前記第 1 及び 2 の実施形態で示した所定の側面高抵抗層材と端部間距離の選定に加えて、さらに側面高抵抗層の焼結体への衝撃接着強度を選定した場合の作用効果を示すために、側面高抵抗層の衝撃接着強度が異なる複数種類の電圧非直線抵抗体を試料として製作し、各試料の評価を行ったものである。

【 0 1 0 4 】

すなわち、本実施形態の電圧非直線抵抗体はまず、電極端部 4 と側面高抵抗層を含めた非直線抵抗体端部 5 との端部間距離が $0 \sim (\text{側面高抵抗層厚み} + 0.01)\ \text{mm}$ の範囲内の一定値となるように、形成される。そして、この構成を前提として、請求項 4 に記載の発明に従い、側面高抵抗層 3 の衝撃接着強度を $40\ \text{mN}$ 以上に選定した場合の作用効果を示すために、側面高抵抗層 3 の衝撃接着強度が異なる複数種類の電圧非直線抵抗体を試料として製作し、各試料の評価を行ったものである。

【 0 1 0 5 】

[衝撃接着強度が異なる試料の製作]

まず、重り落下試験により測定される側面高抵抗層 3 の焼結体 1 への衝撃接着強度を 4 0 m m 以上とする構成の作用効果を示すために、側面高抵抗層 3 の焼結体 1 への衝撃接着強度が異なる複数種類の電圧非直線抵抗体を製作した。

【 0 1 0 6 】

ここで、側面高抵抗層 3 は、ムライト ($\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$) を含有する、磷酸アルミニウム系無機接着剤を主成分とする側面高抵抗層形成用の接着剤を焼結体 1 側面に塗布し焼付けすることにより形成した。その際に、そのムライト ($\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$) を含有する、磷酸アルミニウム系無機接着剤を成分とする側面高抵抗層形成用の接着剤が、塗布前の温度や湿度の制御により硬化する現象を利用して、側面高抵抗層 3 の焼結体 1 への衝撃接着強度が、それぞれ、5, 1 0, 2 0, 3 0, 4 0, 5 0, 1 0 0, 2 0 0 m m と異なる、計 8 種類の電圧非直線抵抗体を製作した。

【 0 1 0 7 】

この場合、衝撃接着強度は、側面高抵抗層 3 を形成した非直線抵抗体を水平面から 4 5 度傾け、側面高抵抗層 3 が形成された電圧非直線抵抗体の角部に 1 0 0 g の重りを一定の高さから落下させて衝突させた場合の、側面高抵抗層 3 が焼結体 1 から剥離する重り落下高さを測定した値である。

【 0 1 0 8 】

さらに、いずれの試料においても、電極 2 は、アルミニウムを主成分とした材料を用いて、電極端部 4 と側面高抵抗層を含めた非直線抵抗体端部 5 との端部間距離が 0 m m となるように、等しく形成した。

【 0 1 0 9 】

[衝撃密着強度が異なる試料の評価]

以上のように製作した各試料に対して、2 m s の波長で所定のエネルギーを有する開閉サージを、1 0 0 J / c m³ を開始エネルギーとし、試料が室温に戻る時間間隔で印加エネルギーを 5 0 J / c m³ ずつ増加させながら印加してゆき、各試料が破壊するエネルギーにより各試料の過電圧保護能力の評価を行った。そ

の結果を図 5 に示す。

【 0 1 1 0 】

図 5 から明らかなように、本発明に該当する試料、つまり側面高抵抗層 3 の焼結体 1 への重り落下試験で測定した衝撃接着強度が 4 0 m m 以上の試料は、いずれも、8 0 0 J / c m³ 未満のエネルギーを有する開閉サージを印加した時点では破壊が生じることはなく、破壊が生じるのは印加するエネルギーが少なくとも 8 0 0 J / c m³ 以上となった場合である。これに対して、本発明に該当しない試料、つまり側面高抵抗層 3 の焼結体 1 への重り落下試験の衝撃接着強度が 4 0 m m 未満の試料は、いずれも、4 0 0 J / c m³ 以下のエネルギーを有する開閉サージを印加した時点で破壊が生じている。

【 0 1 1 1 】

このような評価結果が得られた理由は、次のように解釈できる。すなわち、電極 2 を側面高抵抗層 3 にかかるまで、または、焼結体 1 と側面高抵抗層 3 の界面近傍まで形成することで電極 2 の形成面積を最大限に広げた場合において、側面高抵抗層 3 の重り落下試験で計測される衝撃接着強度が 4 0 m m 未満であると、衝撃接着強度が小さすぎるため、開閉サージを印加した時に側面高抵抗層 3 と焼結体 1 の界面でフラッシュオーバーが生じ易くなる。

【 0 1 1 2 】

これに対して、電極 2 の形成面積を最大限に広げた場合でも、側面高抵抗層 3 の重り落下試験で計測される衝撃接着強度が 4 0 m m 以上であれば、開閉サージを印加した時に側面高抵抗層 3 と焼結体 1 の界面でフラッシュオーバーが生じ難くなる。

【 0 1 1 3 】

そのため、衝撃接着強度が 4 0 m m 未満の電圧非直線抵抗体においては、優れた過電圧保護能力を得ることができず、衝撃接着強度が 4 0 m m 以上の電圧非直線抵抗体においてのみ、優れた過電圧保護能力が得られるものと考えられる。

【 0 1 1 4 】

また、上記の試料について、1 1 5 ℃の温度下の電圧非直線抵抗体に対して、室温の電圧非直線抵抗体に 1 m A の抵抗分電流 I R が流れる交流電圧を 1 0 0 0

時間課電し、課電開始直後の抵抗分漏れ電流 ($I_R(0h)$) と 1000 時間課電後の抵抗分電流 ($I_R(1000h)$) を測定し、 $I_R(1000h) / I_R(0h)$ により課電寿命特性の評価を行った、その結果を図 6 に示す。

【0115】

図 6 から明らかなように、本発明に該当する試料、つまり側面高抵抗層 3 の焼結体 1 への衝撃接着強度が 40 mm 以上の試料は、いずれも、 $I_R(1000h) / I_R(0h)$ の値が 1 以下である。つまり、抵抗分電流が初期値に対し大きく変化せず安定しており、実際の運転状態における信頼性が高いと評価できる。これに対して、本発明に該当しない試料、つまり側面高抵抗層 3 の焼結体 1 への衝撃接着強度が 40 mm 未満の試料は、いずれも、 $I_R(1000h) / I_R(0h)$ の値が 1 を大きく越えている。つまり、抵抗分電流が初期値に対し増加しており、そのまま運転を続けるとさらに抵抗分電流が増加し、最終的には熱暴走する危険性が考えられ、実際の運転状態における危険性が高いと評価できる。

【0116】

このような評価結果が得られた理由は、次のように解釈できる。すなわち、電極 2 を側面高抵抗層 3 にかかるまで、または、焼結体 1 と側面高抵抗層 3 の界面近傍まで形成することで電極 2 の形成面積を最大限に広げた場合において、側面高抵抗層 3 の重り落下試験で計測される衝撃接着強度が 40 mm 未満と小さいと、電圧を長時間課電することにより側面高抵抗層 3 と焼結体 1 の界面に流れる漏れ電流が増加する。

【0117】

これに対して、電極 2 の形成面積を最大限に広げた場合でも、側面高抵抗層 3 の重り落下試験で計測される衝撃接着強度が 40 mm 以上であれば、電圧を長時間課電しても側面高抵抗層 3 と焼結体 1 の界面に流れる漏れ電流は増加しない。

【0118】

そのため、衝撃接着強度が 40 mm 未満の電圧非直線抵抗体においては、安定した課電寿命性能を得ることができず、衝撃接着強度が 40 mm 以上の電圧非直線抵抗体においてのみ、安定した課電寿命性能が得られるものと考えられる。

【0119】

(第 5 の実施形態)

第 5 の実施形態は、請求項 5 及び 7 に記載の発明に関するものであり、前記第 1 の実施形態で示した衝撃接着強度と端部間距離の選定に加えて、さらに電極材料や電極の形成手法を選定した場合の作用効果を示すために、電極材料や電極の形成方法が異なる複数種類の電圧非直線抵抗体を試料として製作し、各試料の評価を行ったものである。

【 0 1 2 0 】

すなわち、本実施形態の電圧非直線抵抗体はまず、所定の側面高抵抗層 3 が形成され、かつ、電極端部 4 と側面高抵抗層を含めた非直線抵抗体端部 5 との端部間距離が 0 ～ (側面高抵抗層厚み + 0. 0 1) mm の範囲内の一定値となるように、形成される。

【 0 1 2 1 】

そして、この構成を前提として、請求項 5 に記載の発明に従い、電極材料を、アルミニウム、銅、亜鉛、ニッケル、金、銀、チタンまたはそれらの合金、の中から選択された材料に選定した場合の作用効果、および、請求項 7 に記載の発明に従い、電極の形成手法を、プラズマ溶射、アーク溶射、高速ガス炎溶射、スクリーン印刷、蒸着、転写、スパッタリングの中から選択された手法に選定した場合の作用効果を示すために、電極材料と電極の形成手法が異なる複数種類の電圧非直線抵抗体を試料として製作し、各試料の評価を行ったものである。

【 0 1 2 2 】

[電極材料と電極の形成手法が異なる試料の製作]

まず、いずれの試料においても、側面高抵抗層 3 については、ムライト ($\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$) を含有する、磷酸アルミニウム系無機接着剤を主成分とする側面高抵抗層 3 を形成した。

【 0 1 2 3 】

また、電極 2 については、アルミニウムを主成分とした材料を用いて、電極端部 4 と側面高抵抗層を含めた非直線抵抗体端部 5 との端部間距離が 0 mm となるように形成する一方で、電極 2 の材料と形成手法を変化させることにより、電極材料と電極の形成手法が異なる計 1 8 種類の電圧非直線抵抗体を製作した。

【0124】

すなわち、電極材料として、それぞれ、アルミニウム、銅、亜鉛、ニッケル、金、銀、チタン、銅と亜鉛の合金、ニッケルとアルミニウムの合金、銀と銅の合金、炭素鋼、13Cr系ステンレス鋼、をそれぞれ主成分とする異なる電極2をそれぞれ形成することにより、電極材料の異なる12種類の電圧非直線抵抗体を製作した。このうち、アルミニウムを主成分とする電極の形成については、プラズマ溶射、アーク溶射、高速ガス炎溶射、スクリーン印刷、転写、蒸着、スパッタリング、という異なる手法により電極2をそれぞれ形成することにより、電極の形成手法の異なる7種類の電圧非直線抵抗体を製作した。

【0125】

〔電極材料と電極の形成手法が異なる試料の評価〕

以上のように製作した各試料に対して、2msの波長で所定のエネルギーを有する開閉サージを、 100 J/cm^3 を開始エネルギーとし、試料が室温に戻る時間間隔で印加エネルギーを 50 J/cm^3 ずつ増加させながら印加してゆき、各試料が破壊するエネルギーにより各試料の過電圧保護能力の評価を行った。その結果を次の表3に示す。

【0126】

【表 3】

電圧非直線抵抗体の電極材料、電極形成方法と過電圧保護能力の関係

電極材料	電極形成方法	破壊エネルギー (J/cm ³)
アルミニウム	プラズマ溶射	900
	アーク溶射	800
	高速ガス炎溶射	900
	スクリーン印刷	800
	転 写	850
	蒸 着	800
	スパッタリング	850
銅	プラズマ溶射	850
亜鉛	プラズマ溶射	900
ニッケル	プラズマ溶射	900
金	蒸 着	800
銀	スクリーン印刷	850
チ タ ン	プラズマ溶射	900
銅、亜鉛合金	プラズマ溶射	900
ニッケル、アルミ合金	プラズマ溶射	850
銀、銅合金	プラズマ溶射	900
炭素鋼	プラズマ溶射	400
13Cr系ステンレス	プラズマ溶射	350

【0127】

この表3から明らかなように、本発明の電極材料を用いた試料、つまり電極材料がアルミニウム、銅、亜鉛、ニッケル、金、銀、チタン、銅と亜鉛の合金、ニッケルとアルミニウムの合金である試料は、いずれも、800 J/cm³ 未満のエネルギーを有する開閉サージの印加では破壊が生じることはなく、破壊が生じるのは印加するエネルギーが少なくとも800 J/cm³ 以上となった場合である。

【0128】

そして、アルミニウムの電極を形成する際に本発明の電極形成手法を用いた試料、つまり電極形成手法として、プラズマ溶射、アーク溶射、高速ガス炎溶射、スクリーン印刷、転写、蒸着、スパッタリングの手法により形成した試料は、いずれも、800 J/cm³ 未満のエネルギーを有する開閉サージを印加した時点

では破壊が生じることはなく、破壊が生じるのは印加するエネルギーが $800 \text{ J} / \text{cm}^3$ 以上となった場合である。

【0129】

これに対して、本発明の電極材料を用いていない試料、つまり電極材料に炭素鋼、13Crステンレス鋼を使用した試料は、いずれも、 $400 \text{ J} / \text{cm}^3$ 以下のエネルギーを有する開閉サージを印加した時点で破壊が生じている。

【0130】

このような評価結果が得られた理由は、次のように解釈できる。すなわち、電極材料に炭素鋼や13Crステンレス鋼を用いて電極を形成した電圧非直線抵抗体は、焼結体1と電極2との接着力が低いため、結果的に電流印加時に電流が流れない領域が大きくなって温度差を生じてしまい、熱応力に起因して焼結体1の破壊現象を生じてしまう。

【0131】

これに対して、本発明の電極材料を用いた電圧非直線抵抗体は、焼結体1と電極2との接着力が高いため、電流印加時に電流が流れない領域が生じないかあるいは生じていても小さいため、非直線抵抗体に温度差が生じることはなく、熱応力に起因する焼結体1の破壊現象を防止できる。

【0132】

そのため、本発明の電極材料を用いていない電圧非直線抵抗体においては、優れた過電圧保護能力を得ることができず、本発明の電極材料を用いた電圧非直線抵抗体においてのみ、優れた過電圧保護能力が得られるものと考えられる。

【0133】

[電極材料と電極の形成手法の選定による効果]

以上の評価結果から明らかなように、本発明に従い、電極材料として、アルミニウム、銅、亜鉛、ニッケル、金、銀、チタンまたはそれらの合金、の中から選択された材料を使用し、プラズマ溶射、アーク溶射、高速ガス炎溶射、スクリーン印刷、蒸着、転写、スパッタリングの中から選択された手法により電極を形成することにより、開閉サージ、インパルス電流や過電圧等のサージに対する過電圧保護機能を大きく向上させることができる。

【 0 1 3 4 】

(第 6 の実施形態)

第 6 の実施形態は、請求項 6 に記載の発明に関するものであり、前記第 1 の実施形態で示した側面高抵抗層と端部間距離の選定に加えて、さらに電極の平均厚みを選定した場合の作用効果を示すために、電極の平均厚みが異なる複数種類の電圧非直線抵抗体を試料として製作し、各試料の評価を行ったものである。

【 0 1 3 5 】

すなわち、本実施形態の電圧非直線抵抗体はまず、所定の側面高抵抗層 3 を形成し、かつ、電極端部 4 と側面高抵抗層を含めた非直線抵抗体端部 5 との端部間距離が 0 ～ (側面高抵抗層厚み + 0. 0 1) mm の範囲内の一定値となるように、形成される。そして、この構成を前提として、請求項 6 に記載の発明に従い、電極 2 の平均厚みを 5 μ m ～ 5 0 0 μ m の範囲に選定した場合の作用効果を示すために、電極 2 の平均厚みが異なる複数種類の電圧非直線抵抗体を試料として製作し、各試料の評価を行ったものである。

【 0 1 3 6 】

[電極の平均厚みが異なる試料の製作]

まず、いずれの試料においても、側面高抵抗層 3 については、ムライト ($\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$) を含有する、磷酸アルミニウム系無機接着剤を成分とする側面高抵抗層 3 を形成した。

【 0 1 3 7 】

また、電極 2 については、アルミニウムを主成分とした材料を用いて、電極端部 4 と側面高抵抗層を含めた非直線抵抗体端部 5 との端部間距離が 0 mm となるように形成する一方で、電極 2 の平均厚みを変化させることにより、電極 2 の平均厚みが、それぞれ、1, 5, 10, 100, 300, 500, 700, 1000 μ m と異なる、計 8 種類の電圧非直線抵抗体を製作した。

【 0 1 3 8 】

[電極の平均厚みが異なる試料の評価]

以上のように製作した各試料に対して、2 ms の波長で所定のエネルギーを有する開閉サージを、100 J / cm^3 を開始エネルギーとし、試料が室温に戻る

時間間隔で印加エネルギーを 50 J/cm^3 ずつ増加させながら印加してゆき、各試料が破壊するエネルギーにより各試料の過電圧保護能力の評価を行った。その結果を図 7 に示す。

【 0 1 3 9 】

図 7 から明らかなように、本発明に該当する試料、つまり電極 2 の平均厚みが $5 \mu\text{m} \sim 500 \mu\text{m}$ の範囲の試料は、いずれも、 800 J/cm^3 未満のエネルギーを有する開閉サージを印加した時点では破壊が生じることはなく、破壊が生じるのは印加するエネルギーが少なくとも 800 J/cm^3 以上となった場合である。これに対して、本発明に該当しない試料、つまり電極 2 の平均厚みが 1, 700, $1000 \mu\text{m}$ の試料は、いずれも、 400 J/cm^3 以下のエネルギーを有する開閉サージを印加した時点で破壊が生じている。

【 0 1 4 0 】

このような評価結果が得られた理由は、次のように解釈できる。すなわち、電極 2 の平均厚みが $5 \mu\text{m}$ 未満であると、薄すぎて電極 2 の熱容量が小さくなりすぎるため、優れた過電圧保護能力を得ることができない。反対に、電極 2 の平均厚みが $500 \mu\text{m}$ を越えると、厚すぎて電極 2 の焼結体 1 に対する接着強度が低下するので、優れた過電圧保護能力を得ることができない。これに対して、電極 2 の平均厚みが $5 \mu\text{m} \sim 500 \mu\text{m}$ の範囲内であれば、電極 2 の熱容量を一定以上に確保でき、また、電極 2 の焼結体 1 に対する接着強度も一定以上に確保できるため、優れた過電圧保護能力を得ることができるものと考えられる。

【 0 1 4 1 】

[電極の平均厚みの選定による効果]

以上の評価結果から明らかなように、本発明に従い、電極 2 の平均厚みを $5 \mu\text{m} \sim 500 \mu\text{m}$ の範囲内とすることにより、一定以上の熱容量と適切な接着強度の両方を確保することができるため、開閉サージ、インパルス電流や過電圧等のサージに対する過電圧保護機能を大きく向上させることができる。

【 0 1 4 2 】

(他の実施形態)

なお、本発明は、前記各実施形態に限定されるものではなく、本発明の範囲内

で他にも多種多様な変形例を実施可能である。例えば、焼結体の具体的な寸法、材質や製造工程等は、前記実施形態の説明中の記載内容に限定されるものではなく、自由に変更可能である。すなわち、本発明は、電極及び側面高抵抗層の形成条件や構成に特徴を有するものであるため、それらの特徴を実現できる限り、各種の焼結体を適用可能である。

【0143】

【発明の効果】

以上のように本発明によれば、所定の物質で側面高抵抗層を形成し、かつ、電極の端部と側面絶縁層を含めた非直線抵抗体端部との端部間距離が、 $0 \sim (\text{側面高抵抗層厚み} + 0.01) \text{ mm}$ の範囲内となるように形成することにより、通常の使用状態において安定した課電寿命を実現し、かつ開閉サージ、雷インパルスや過電圧等のサージに対する過電圧保護能力を飛躍的に向上させた電圧非直線抵抗体及びその製造方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明に従って製作された電圧非直線抵抗体を示す断面図。

【図2】

第1の実施形態として製作された電圧非直線抵抗体について、電極端部と側面高抵抗層を含めた電圧非直線抵抗体の端部との端部間距離と過電圧保護能力との関係を示すグラフ。

【図3】

第3の実施形態として製作された電圧非直線抵抗体について、側面高抵抗層の厚みと過電圧保護能力との関係を示すグラフ。

【図4】

第3の実施形態として製作された電圧非直線抵抗体について、側面高抵抗層の厚みと課電寿命性能との関係を示すグラフ。

【図5】

第4の実施形態として製作された電圧非直線抵抗体について、重り落下試験により測定した側面高抵抗層の衝撃接着強度と過電圧保護能力との関係を示すグラ

フ。

【図 6】

第 4 の実施形態として製作された電圧非直線抵抗体について、重り落下試験により測定した側面高抵抗層の衝撃接着強度と課電寿命性能との関係を示すグラフ

。

【図 7】

第 6 の実施形態として製作された電圧非直線抵抗体について、電極の平均厚みと過電圧保護能力との関係を示すグラフ。

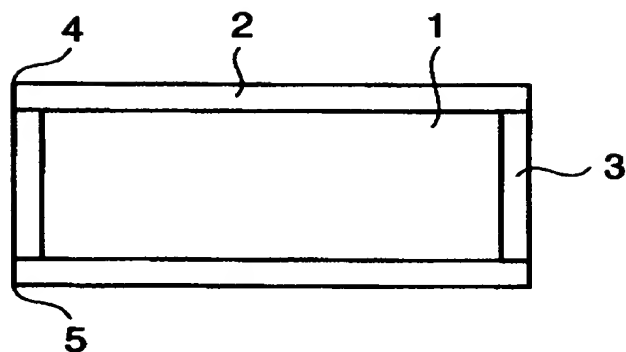
【符号の説明】

- 1 …焼結体
- 2 …電極
- 3 …側面高抵抗層
- 4 …電極端部
- 5 …側面高抵抗層を含めた非直線抵抗体端部

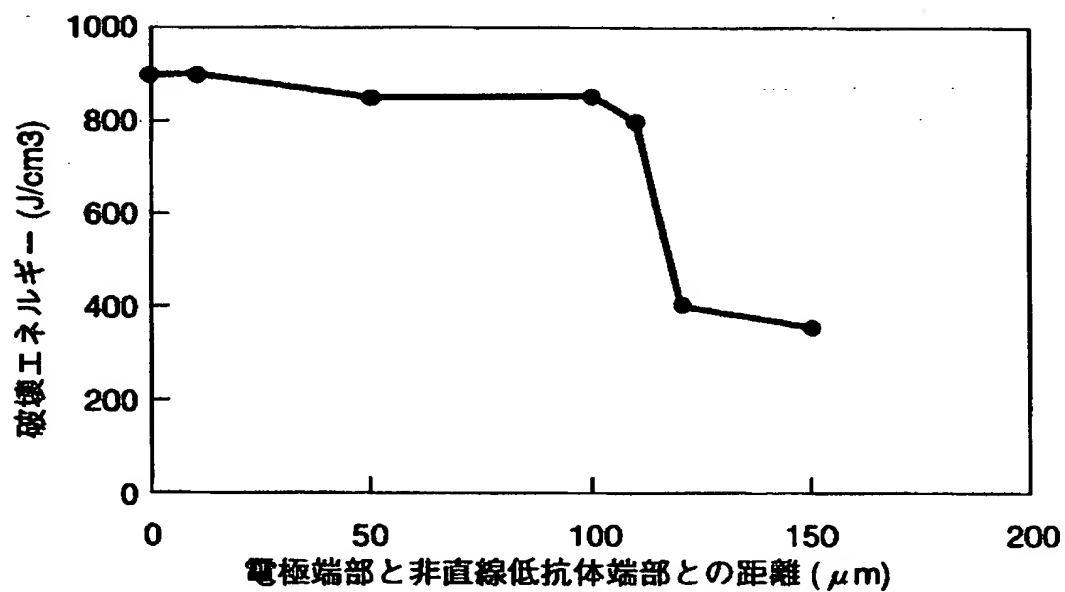
【書類名】

図面

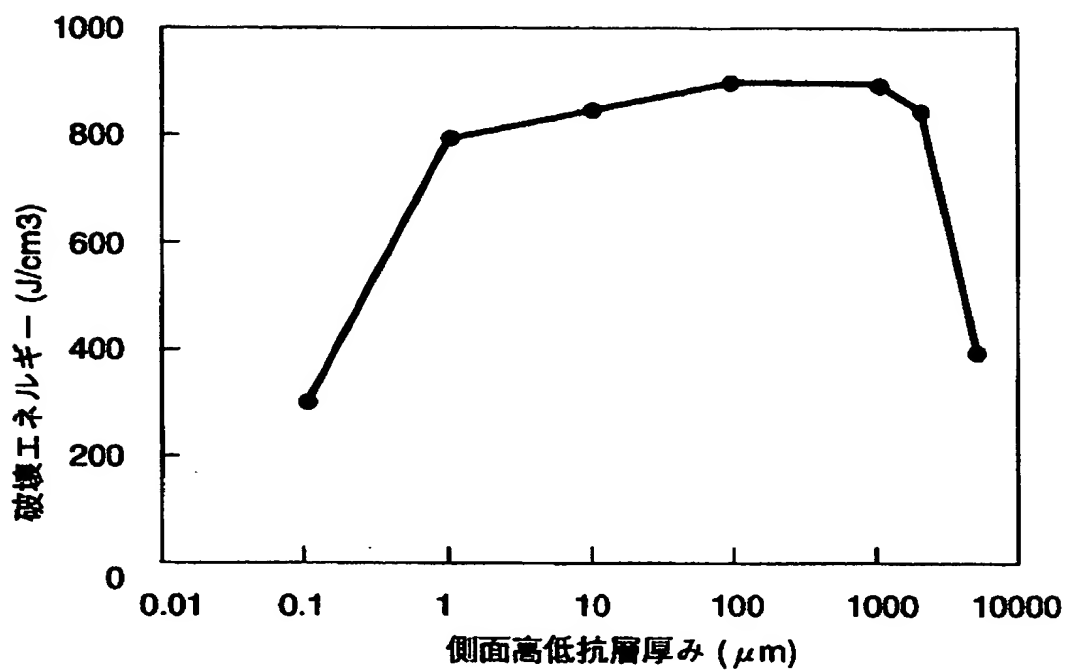
【図 1】



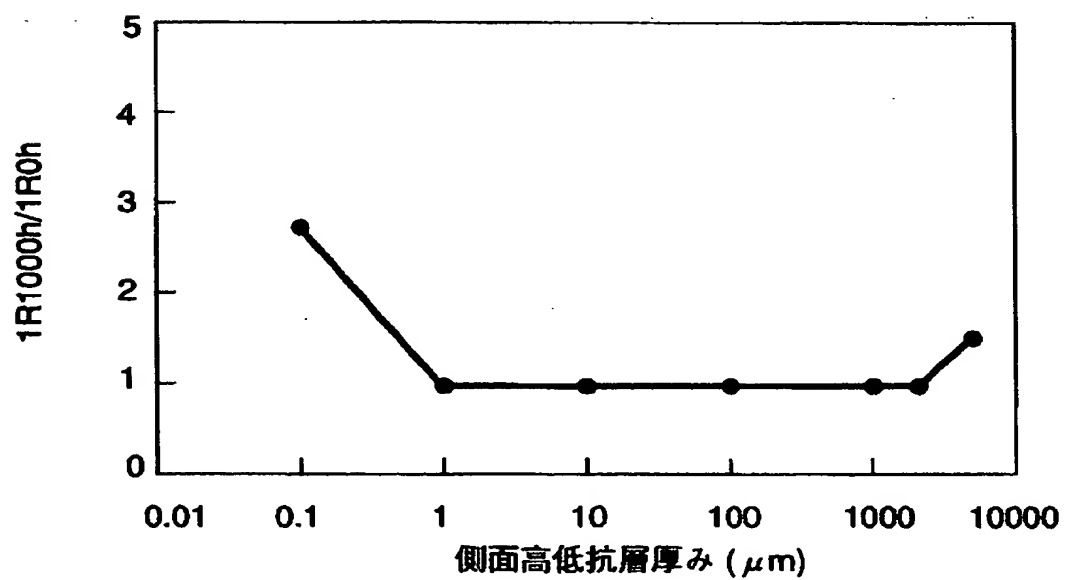
【図 2】



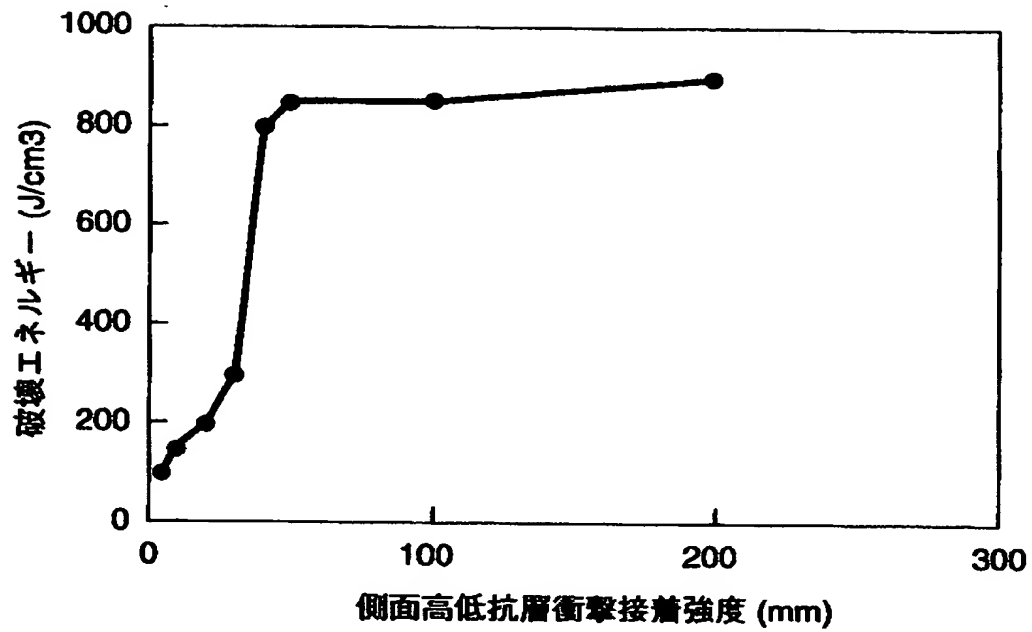
【図3】



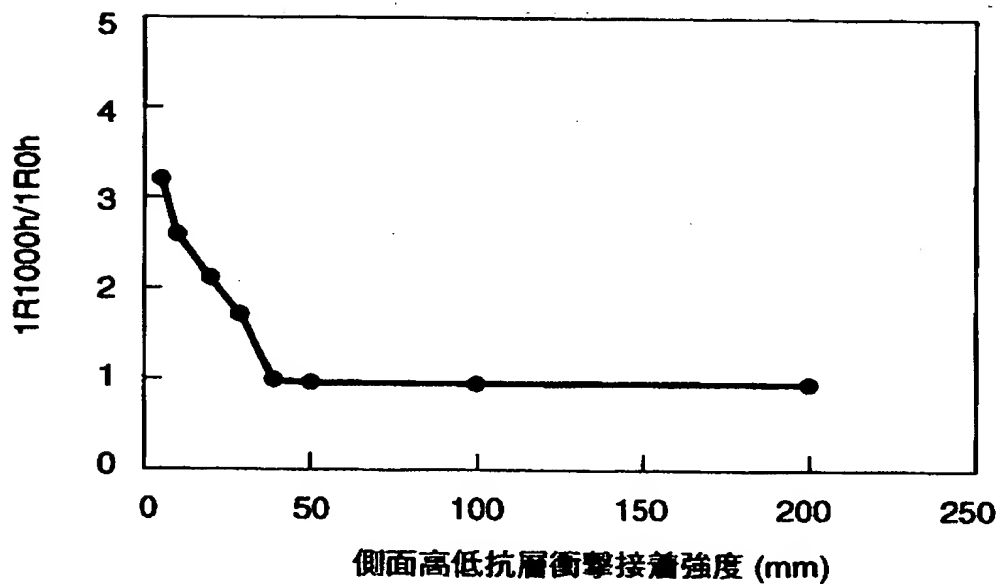
【図4】



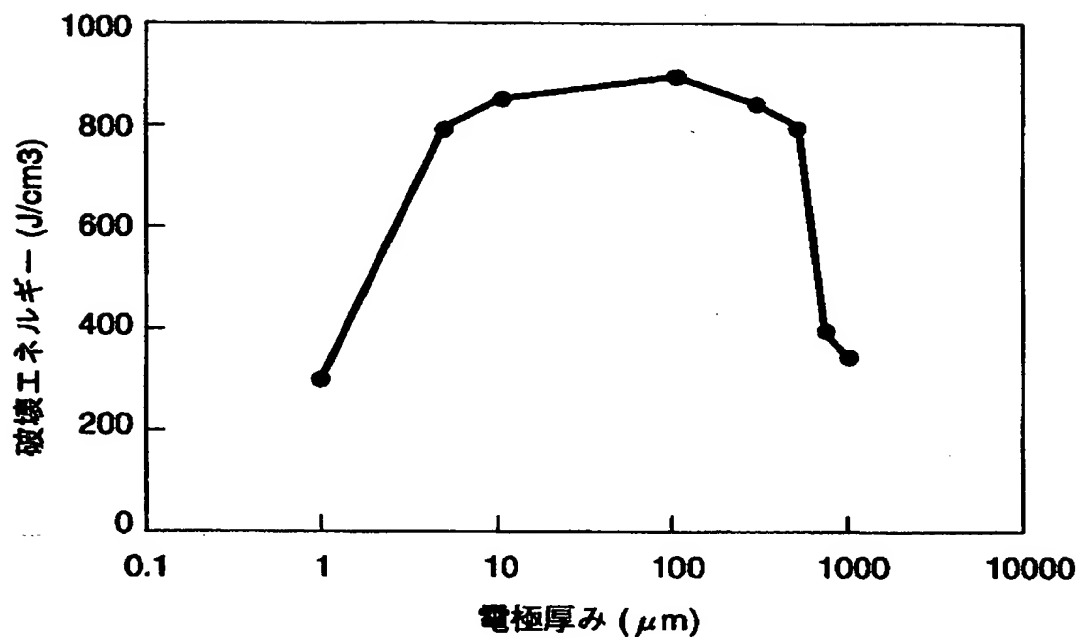
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 通常の使用状態において安定した課電寿命を実現し、かつ、開閉サージ、雷インパルスや過電圧等のサージに対する過電圧保護能力を向上させた電圧非直線抵抗体及びその製造方法を提供する。

【解決手段】 電圧非直線抵抗体は、酸化亜鉛を主成分とした焼結体 1 と、この焼結体 1 の側面に設けられた側面高抵抗層 3 と、焼結体 1 の上下面に設けられた一対の電極 2 を備える。特定の材質に選定した、側面高抵抗層 3 を形成される。電極端部 4 と側面高抵抗層を含めた非直線抵抗体端部 5 との端部間距離が、0 ～ (側面高抵抗層厚み + 0.01) mm の範囲内となるように形成される。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003078]

1. 変更年月日	1990年 8月22日
[変更理由]	新規登録
住 所	神奈川県川崎市幸区堀川町72番地
氏 名	株式会社東芝